

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 1 L 21/66
G 0 1 R 31/26
// G 0 1 R 31/28

H 0 1 L 21/66
C 0 1 R 31/26
31/28

C
E
K

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平11-28217

(22) 出願日 平成11年(1999) 2月5日

(31) 優先権主張番号 0 3 3 9 4 7

(32) 優先日 1998年3月2日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 398038580

ヒューレット・パカード・カンパニー

HEWLETT-PACKARD COM
PANYアメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル
ト ハノーバー・ストリート 3000

(72) 発明者 ブラッドリー・ディー・ペース

アメリカ合衆国80526コロラド州フォー
ト・コリンズ、セダーウッド・ドライブ
2600

(74) 代理人 弁理士 岡田 次生

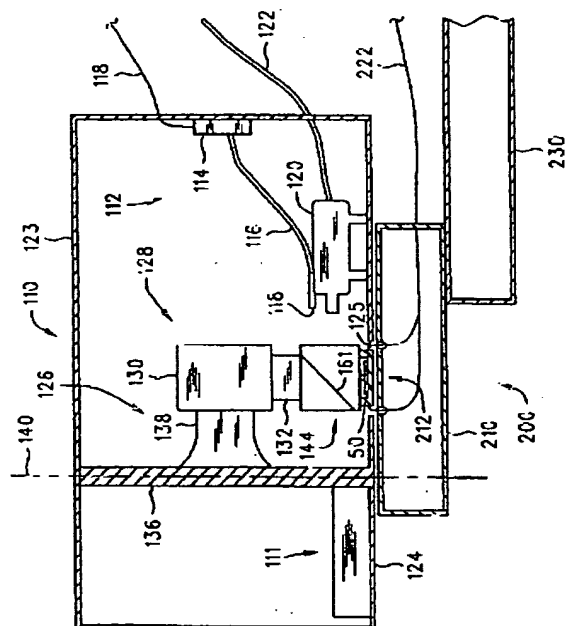
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 集積回路装置試験システム

(57) 【要約】

【課題】 画像捕獲タイプおよび表示タイプの集積回路装置を効果的に検査することができる自動試験システムを提供する。

【解決手段】 集積回路装置試験システムは、複数の電気接点メンバを含む試験ヘッドと、集積回路装置を移動させるハンドリング装置と、光源とを備える。ハンドリング装置は、集積回路装置を移動させて、集積回路装置の電気接点機構を試験ヘッドの電気接点メンバと接触させる。画像撮像タイプの集積回路装置の場合、光源によって集積回路装置の能動表面を選択的に照射し、集積回路装置からの信号を監視して、集積回路装置を試験する。表示タイプの場合、試験システムは更に撮像装置を備える。集積回路装置に信号を供給し、撮像装置からの画像を分析して、その信号に応じて集積回路装置が適切な表示を示しているか検証する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の電気接点機構をその上にもつタイプの集積回路装置を試験する集積回路装置試験システムであって、

複数の電気接点部材を含む試験ヘッドと、

上記集積回路装置を取り扱い、上記試験ヘッドの電気接点部材と接触および非接触の状態になるように選択的に上記集積回路装置の電気接点機構を移動させるハンドリング装置と、

上記集積回路装置の電気接点機構が上記試験ヘッドの電気接点部材と接触するとき、上記集積回路装置を照射するように配置される光源と、を備える集積回路装置試験システム。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】この発明は、一般に、集積回路装置の試験に関連し、特に、適当な試験を実施するためにその能動表面への光学的アクセスを必要とする集積回路装置の試験に関する。

【0002】

【従来の技術】集積回路の製造は、典型的に、集積回路の多数の層が写真製版プロセスによって形成されるプロセスから始まる。典型的に、写真製版プロセスの間、業界で一般に「ウェハ」と呼ばれる単一のシリコン基板上にいくつかの集積回路が製造される。

【0003】完成した集積回路は、多数の回線層および複数の電気接続サイトを含み、それらの電気接続サイトは、集積回路と最終的に集積回路が実装される電子デバイスとの間の電気的インタフェースを容易にする。ウェハ上への集積回路の製造が完了すると、ウェハは、その上に含まれる集積回路が個別のユニットに分かれるように切り離される。

【0004】ウェハ上に位置するすなわち上述したようにウェハが切り離される前の集積回路は、ここで「ウェハ集積回路」と呼ばれる。

【0005】分離した後、それぞれの集積回路は、典型的に集積回路「パッケージ」に搭載される。パッケージは、一般に、その周囲にピンのような複数の電気コネクタを含む筐体である。筐体は、集積回路の電気接続サイトとパッケージ・ピンとの間の電気接続も含む。このように、パッケージは、集積回路と最終的にパッケージが実装される電子デバイスとの間のインタフェースを提供する。

【0006】集積回路装置の2つのタイプが普及しつつある。画像捕獲チップは、例えば印刷されたテキストのページのような2次元画像を捕獲する能力がある集積回路装置である。一般に画像捕獲チップは、光検出器アレイのような1または2次元の光センサ・アレイから構成される。画像捕獲チップは、典型的に、カムコーダー(カメラ一体型ビデオ)およびデジタル・カメラのような

装置の中で使用される。市販の画像捕獲チップの一例として、Vision Company(571 West Lake Avenue, Suite 12, Bay Head, New Jersey, 08742)から現在販売されているModel No.VV6850がある。

【0007】表示チップは、例えば反射対非反射または発光対非発光のような多様な視覚的状态を呈するように各々が選択的に通電される表示ピクセルのアレイを含む集積回路装置である。表示チップは、典型的にデジタル・カメラまたはセルラー式電話のディスプレイのような装置の中で使用される。市販の表示チップの一例として、Kopin Corporation(695 Myles Standish Blvd., Taunton, Massachusetts 02780)から現在販売されているModel 320C Color「CyberDisplay」がある。

【0008】装置の開発において、集積回路装置を色々な段階で試験することが望ましい。例えば上述したように、集積回路がウェハの一部(すなわちウェハ集積回路)であるうちに、それら集積回路を検査することは一般的である。また、集積回路が集積回路パッケージに実装された後にその集積回路パッケージを試験することも一般的である。このような開発のさまざまな段階における試験の一般的な手続きは、欠陥のある集積回路製品が製造プロセス中に早く検出されることを可能にする。

【0009】集積回路装置の試験は、一般に自動化された試験機器の使用によって達成される。ウェハ集積回路を試験する際、上述したように、試験されるウェハを自動化されたロボット・ハンドリング装置内に搭載することが一般に知られている。試験ヘッドは、ハンドリング装置に近付けられる。試験ヘッドは、ウェハ集積回路の電気接続サイトと電気接点を作るように構成される複数の電気接点プローブを含む。ハンドリング装置は、第1の集積回路の電気接続サイトが試験ヘッドの接点プローブと接触するまでウェハを試験ヘッドの方へ移動する。このように、試験ヘッドは、従来の方法で集積回路装置の試験を達成するために、集積回路の電気接続サイトと適当な試験機器との間で電気信号を伝えることができる。

【0010】第1のウェハ集積回路が上述したように試験された後、ハンドリング装置は、集積回路の接続サイトが試験ヘッドの接点プローブとの接触を絶つように試験ヘッドからウェハを遠ざける。ハンドリング装置は、ウェハ上の第2の集積回路が試験ヘッド・プローブと直線に並ぶようにウェハを割り出す。上述したプロセスは、第2およびその後続くウェハ集積回路について、ウェハの集積回路の全てが試験されるまで繰り返される。

【0011】集積回路パッケージを試験するとき、試験されるパッケージは、一般に自動化されたロボット・ハンドリング装置内に保持される。試験ヘッドは、ハンドリング装置の近くに固定される。試験ヘッドは、パッケージのピンの各々と電気的に接触するように構成される

例えばソケット・レセプタクルのような複数のピン受け(pin receptors)を含む。ハンドリング装置内のプランジャは、パッケージ・ピンが試験ヘッドのピン受けと嵌合するまで、集積回路パッケージを試験ヘッドの方に押し進める。このように、試験ヘッドは、集積回路パッケージのピンと適当な試験機器との間で電気信号を伝導して、従来のように集積回路パッケージの試験を達成することができる。

【0012】1つの集積回路パッケージが試験された後、ハンドリング装置は、別の集積回路パッケージを試験ヘッドに近付ける。第2の集積回路パッケージが、上述したように試験される。プロセスは、所望の数の集積回路パッケージが試験されるまで繰り返される。

【0013】上述したように、ほとんどの集積回路および集積回路パッケージは、回路またはパッケージと試験マシンとの間の電気的インタフェースを供給するだけで効果的に試験することができる。しかし画像捕獲チップの場合、チップを試験するために、さらに光源を用意する必要がある。光源は、単純な光発生装置の形をとることができる。選択として、光源は、簡単な光発生装置、およびチップの能動表面上に光の特定のパターンを当てるように設計されるフィルタを含むことができる。画像捕獲チップを試験するために、光源を選択的に作動させながら画像捕獲チップからの電気出力を監視して、供給される光に応じて画像捕獲チップが適切な信号を生成し、適切に動作しているか検証する。

【0014】表示チップを効果的に試験するため、表示チップを例えばカメラによって視覚的に監視して、表示チップに供給される電気信号によって指示される適当な表示を表示チップが生成しているか検証する必要がある。適切に試験するため、例えば表示チップ上のそれぞれの表示ピクセルの動作を視覚的に検証し、ピクセルの全てが適切に動作していることを保証することが望ましい。このような視覚的な監視を容易にするため、さらに光源を必要とすることがある。しかし、ある表示チップは光を発生するので、光源を必要としない。

【0015】上述したような現在市販の自動試験機器は、光源あるいは視覚的検査システムのどちらの対応もなされていない。それゆえ、現在の自動試験機器は、画像捕獲チップおよび表示チップを適切に試験することができない。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】従って、上述した問題を克服し、画像捕獲および表示チップ集積回路装置を効果的に検査する能力がある自動試験システムを提供することが望ましい。

【0017】

【課題を解決するための手段】この発明は、自動試験機器を使用して集積回路パッケージ装置を試験する方法および装置を目的とする。具体的に言えば、自動試験機器

は、画像捕獲タイプの集積回路装置の試験を可能にする光源を備えることができる。選択として、自動試験機器は、電子カメラのような撮像装置、または光源および撮像装置の両方を備え、表示タイプの集積回路装置の試験を実現することもできる。

【0018】集積回路パッケージは、従来の試験ヘッドを改良されたハンドリング装置と組み合わせて使用して試験することができる。改良されたハンドリング装置は、従来のように試験される集積回路パッケージに圧力を加えるプランジャを含むことができる。しかしプランジャは、ミラー・ブロックを付加することによって、圧力がプランジャによって加えられている間、集積回路パッケージの能動表面への光学的アクセスを可能にするように改良することができる。こうして、改良されたハンドリング装置内に配置される光源および/または撮像装置は、試験が行われている間、集積回路パッケージの能動表面を光学的にアクセスすることができる。

【0019】ウェハ集積回路は、従来のハンドリング装置を改良された試験ヘッドと組み合わせて使用して試験することができる。改良された試験ヘッドは、試験が実施される間、ウェハ集積回路の能動表面への光学的アクセスを可能にするミラー・ブロックを含むことができる。このように、改良された試験ヘッド内に配置される光源および/または撮像装置は、試験が行われる間、ウェハ集積回路の能動表面を光学的にアクセスすることができる。

【0020】

【発明の実施の形態】図1ないし図14は、一般に、複数の電気接点機構24、60をその上にもつタイプの集積回路装置18を試験する集積回路装置試験システム100、300を示す。このシステムは、複数の電気接点部材213、414を含む試験ヘッド210、410と、集積回路装置18を取り扱い、試験ヘッドの電気接点部材213、414と接触および非接触の状態になるように集積回路装置の電気接点機構24、60を選択的に移動させるハンドリング装置110、310と、集積回路装置の電気接点機構24、60が試験ヘッドの電気接点部材213、414と接触するとき、集積回路装置18を照射するように配置される光源112、432を含む。

【0021】図1ないし図14は、一般に、複数の電気接点部材213、414をもつ試験ヘッド210、410と、試験ヘッドの接点部材213、414と接触および非接触の状態になるように選択的に集積回路装置の電気接点機構24、60を移動させるハンドリング装置110、310を含む自動化された試験システム100、300を使用して、複数の電気接点機構24、60をその上にもつタイプの集積回路装置18を試験する方法を示す。この方法は、自動化された試験システム100、300に関連する光源112、432を用意するステップと、試験ヘッドの接点部材213、414と接触するように集積回路装置の電気接点機構24、60を移動させるステップと、集積回路装置の電気接点機構24、60と試験ヘッド接

点部材213、414との間の接触を維持しながら、光源112、432を用いて集積回路装置18を照射するステップと、照射ステップの間、集積回路装置18の試験を実施するステップとを含む。

【0022】さらに図1ないし図14は、複数の電気接点機構24、60をその上にもつタイプの集積回路装置18を試験する集積回路装置試験システム100、300を図示する。このシステムは、複数の電気接点部材213、414を含む試験ヘッド210、410と、集積回路装置18を取り扱い、試験ヘッドの電気接点部材213、414と接触および非接触の状態になるように選択的に集積回路装置の電気接点機構24、60を移動させるハンドリング装置110、310と、集積回路装置の電気接点機構24、60が試験ヘッドの電気接点部材213、414と接触するとき、集積回路装置18を撮像するように配置される撮像装置120、440とを含む。

【0023】さらに図1ないし図14は、一般に、複数の電気接点部材213、414をもつ試験ヘッド210、410と、試験ヘッドの接点部材213、414と接触および非接触の状態になるように選択的に集積回路装置の電気接点機構24、60を移動させるハンドリング装置110、310とを含む自動化された試験システム100、300を使用して、複数の電気接点機構24、60をその上にもつタイプの集積回路装置18を試験する方法を図示する。この方法は、自動化された試験システム100、300に関連する撮像装置120、440を用意するステップと、試験ヘッドの接点部材213、414と接触するように集積回路装置の電気接点機構24、60を移動させるステップと、集積回路装置の電気接点機構24、60と試験ヘッドの接点部材213、414との間の接触を維持しながら、撮像装置120、440を用いて集積回路装置18を撮像するステップと、撮像ステップの間、集積回路装置18の試験を実施するステップとを含む。

【0024】このように自動化された試験システムを一般的に記述したが、より詳細にこのシステムを説明する。

【0025】図1は、従来の集積回路ウェハ10を図示する。ウェハ10は、例えば平坦な上面12および対向して位置する平坦な下面(図示せず)をもつシリコン材料で形成することができる。個別の集積回路16、18および20のような複数の集積回路14は、図示されるように、従来の方法でウェハ10の上面12に形成される。

【0026】図2は、ウェハ10上に形成される全ての集積回路14の典型である集積回路18を詳細に図示する。図2を参照して、集積回路18は、中央に位置する回路部分22と、例えば集積回路18の周囲32に位置する個々の接続サイト26、28および30のような複数の接続サイト24を含むことができる。接続サイト24は、回路部分22のさまざまな部分と接続し、よく知られた方法で回路部分22と最終的に集積回路18が取り付けられる電子デバイスとの間のインタフェースを提供する。

【0027】再び図2に言及して、回路部分22は露出さ

れた能動表面34を含む。例えば、集積回路装置18が前述したように画像捕獲チップである場合、能動表面34は、例えば光検出器アレイのような光センサ・アレイを含む。集積回路装置18が前述したように表示チップである場合、能動表面34は、表示ピクセルのアレイを含む。

【0028】図3および図4は、集積回路パッケージ50内に実装される集積回路18のような集積回路を図示する。集積回路パッケージ50は、従来の方法で、プラスチック材料から形成される概して四角形の本体部分52から形成することができる。図4に最も良く示されるように、一般に本体部分52は、平坦な下面54、平坦な上面56、および上面56から上方に延び、それを取り囲む高くなった肩部分58を含む。図3の個別の接続ピン62、64、66のような複数の接続ピン60が、図示されるように集積回路パッケージ50の本体部分52の周囲59から外側へ下方に延びる。

【0029】集積回路18は、集積回路パッケージ本体部分50の上面56に良く知られた方法で実装することができる。複数の電気接続リード68が図示されるように供給され、図2および図3の集積回路の接続サイト24のそれぞれを集積回路パッケージのピン60の1つと接続するように働く。このように、集積回路のそれぞれの接続サイト24は、集積回路パッケージのピン60の1つとそれぞれ電気的に接続される。

【0030】集積回路パッケージ50は、従来の方法で電子デバイスの集積回路ボード上に実装されるように構成される。そのように実装されるとき、パッケージ50のそれぞれのピン60、従って集積回路18のそれぞれの接続サイト24は、集積回路ボードに電気的に接続される。このようにパッケージ50は、良く知られている方法で、集積回路18の集積回路ボードへの電気的および物理的な取り付けを容易にする。

【0031】前述したように、製造の多様な段階で集積回路装置を試験することが望ましい。例えば、図1に関して上述したウェハ10のような1枚のウェハ上に複数の集積回路装置が搭載されている間にそれらを試験することは一般に知られている。さらに、図3および図4に関して上述した集積回路パッケージ50のような集積回路パッケージ内に集積回路装置が実装された後にそれらを試験することも一般的である。多くの集積回路装置は、試験機器と、例えば図2のウェハ集積回路装置18の接続サイト24または図3および図4の集積回路パッケージ50のピン60のような集積回路装置との間に電気的インタフェースを与えるだけで効果的に試験することができる。

【0032】しかし、画像捕獲チップの場合、チップを試験するため、更に光源を用意する必要がある。効果的に画像捕獲チップを試験するために、光源からの光を例えば図2および図4の能動表面34上に選択的に当てながら、チップの電気出力を接続サイト24またはピン60を介して監視し、供給される光に応じて画像捕獲チップが適

当な信号を生成しているか検証しなければならない。

【0033】表示チップを効果的に試験するため、電子カメラのような視覚的監視装置を用意して、チップに供給される電気信号によって指示される適当な表示をチップが生成しているか検証する必要がある。前述したように、試験される表示チップがそれ自身の光を発生させるタイプでない場合、更に光源を用意する必要がある。効果的に表示チップを試験するため、(必要な場合)光源からの光を、図2及び図4のような能動表面34上に当てなければならない。電気信号が接続サイト24またはピン60を通してチップに供給される一方、能動表面34をカメラで監視して、表示チップのピクセルが、供給された電気信号に適当な態様で応答していることを確認することができる。

【0034】現在の集積回路自動試験装置は、前述したように、光源または視覚的検査システムの対応がなされていない。従って、現在の自動試験機器は、画像捕獲および表示チップを効果的に試験することができない。この問題は、詳細に後述されるように、改善された集積回路自動試験機器を提供することによって解決される。

【0035】自動集積回路パッケージ試験
図5は、自動化された集積回路パッケージ試験システム100の一部を図示する。パッケージ試験システム100は、ロボット・ハンドリングマシン110および試験マシン200を含むことができる。試験マシン200は、図3および図4に関して前述した集積回路パッケージ50のような集積回路パッケージを試験するとき、ロボット・ハンドリングマシン110に隣接して配置される。

【0036】試験マシン200は、アーム230に関節式に取り付けられる従来の試験ヘッド210を含むことができる。試験ヘッド210は、複数のピン受けを含むソケット装置212を含むことができる。ピン受けは、例えば図6の個々のソケット214、216のようなソケット213の形である。ソケット213は、集積回路パッケージ50のピン60のようなピンを収容するように構成される。ソケット装置212は、ピン60のそれぞれがソケット装置212の個々のソケット内に収容されるように、試験される集積回路パッケージ50のピン60の数に一致する多数のソケット213を含むことができる。

【0037】図6を引き続き参照して、各ソケット213は、電気リード218、220のような電気リードにそれぞれ接続することができる。ソケット装置212内のそれぞれのソケット213からの電気リードは、ケーブル222に束ねることができ、ケーブル222は、図11に図示されるように試験マシン・コントローラ250に接続することができる。分かるように、上述した構成は、集積回路パッケージ50のピン60のそれぞれが、試験マシン・コントローラ250に接続されることを可能にし、従って試験マシン・コントローラ250が、従来の方法で集積回路パッケージ50の動作を試験することを可能にする。試験マシン200

は、従来のどんなタイプの試験マシンでもよく、例えばHewlett-Packard Company(Palo Alto, California)から市販されているTester Model No. HP83000およびTester Model No. HP94000のタイプでありうる。

【0038】再び図5を参照して、パッケージ試験システム100は、更にロボット・ハンドリング装置110を含むことができる。ロボット・ハンドリング装置110の下壁124に開口125を設けることができる。図5および図6から分かるように、開口125は、試験ヘッド210のソケット装置212に隣接して配置され、それによってハンドリング装置110の内部と試験ヘッドのソケット装置212の間のアクセスを可能にする。ハンドリング装置110は、更に詳細に説明するように、試験マシン200のソケット212に複数の集積回路パッケージを自動的に挿入するために設けることができる。このように、人間が手操作で介入する必要なく複数の集積回路パッケージを自動的に試験することができる。

【0039】従来のロボット・ハンドリング装置は、典型的に、図5、図9および図10に図示される運搬装置111のような運搬装置を含む。運搬装置111は、試験のために集積回路パッケージをロボット・ハンドリング装置110に移し入れ、試験が完了した後にハンドリング装置110から移し出す働きをする。さらに従来のロボット・ハンドリング装置は、典型的に、運搬装置111と試験マシン200のソケット212のようなソケットとの間で集積回路パッケージを移動させるように構成される移動機構を含む。集積回路パッケージがソケット212上に配置されると、移動機構、場合によっては別のプランジャ機構が、集積回路パッケージに下向きの圧力を加え、それによって図6のパッケージのピン60のようなピンがソケット装置のソケットに入って、前述したように集積回路パッケージの試験を容易にする。試験が完了した後、移動機構は、ソケットから集積回路パッケージを取り外し、それを運搬装置に戻す。このプロセスは、所望の数の集積回路パッケージの試験が完了するまで繰り返される。

【0040】自動化された集積回路パッケージ試験システムは一般によく知られているが、そのような従来のシステムは、前述したように、画像捕獲および表示タイプの集積回路装置を組み入れた集積回路パッケージの適切な試験を考慮していない。そのような画像捕獲および表示タイプの集積回路パッケージの試験を容易にするため、集積回路パッケージ試験システム100を後述するような方法で改善した。

【0041】前述したように、試験マシン200は従来の試験マシンでよい。しかし、ロボット・ハンドリング装置110は、図5および図6に示されるように光源112を含めるように変更される。光源112は、単純な光発生装置の形をとることができる。選択として、光源112は、単純な光発生装置、および従来の方法でチップの能動表面上に光の特定のパターンを当てるように設計されるフィル

タの両方を含むことができる。

【0042】光源112は、例えば光発生機構114を含むことができる。電力は、光発生機構114に接続される電源ケーブル118を介して選択的に光発生機構114に供給することができる。さらに光ファイバケーブル116を光発生機構114に接続することもできる。光源112は、例えば図4および図6の集積回路パッケージ50の能動表面34のような画像捕獲タイプの集積回路パッケージの能動表面上に光を当てるために設けることができる。このように、自動パッケージ試験システムは、上述した方法で、すなわち光源112を作動させ、集積回路パッケージによって生成される電気信号をケーブル222を通して監視し、供給される光に応じて集積回路パッケージが適当な電気信号を生成しているか判断することによって、画像捕獲チップ集積回路パッケージを効果的に試験することができる。

【0043】再び図5および図6に言及して、ハンドリング装置110は、図示されるようにカメラ120を含めるように変更することもできる。カメラ120は、例えば電子カメラである。カメラ120は、従来のケーブル122を通して図11の試験マシン・コントローラ250に接続することができる。試験マシン・コントローラ250は、試験マシン200と一体化した部分でありえる。選択として、試験マシン・コントローラ250は、従来のように別のコントローラでもよい。

【0044】カメラ120は、前述したように表示タイプの集積回路装置を効果的に検査するために設けることができる。具体的に言えば、カメラ120は、例えば図4および図6の集積回路パッケージ50の能動表面34のような表示タイプ集積回路パッケージの能動表面の画像を捕獲するために設けることができる。このように、自動パッケージ試験システム100は、上述したような方法で、すなわち(必要であれば)光源112を作動させ、集積回路のディスプレイのそれぞれの部分をケーブル222を通して選択的に作動させ、カメラによって捕獲される表示面34の画像を分析し、集積回路パッケージ50がケーブル222を通して供給される電気信号に応じて適当な表示画像を生成しているか判断することによって、表示チップ集積回路パッケージを効果的に試験することができる。

【0045】上記から分かるように、表示タイプの集積回路装置を試験するとき、カメラ120および場合によっては光源112も用意する必要がある。しかし、画像捕獲タイプの集積回路装置を検査するときは、光源112のみを用意すればよい。

【0046】前述したように、従来のロボット・ハンドリング装置は、典型的に、運搬装置111のような運搬装置と、試験マシンの試験ソケット212のような試験ソケットとの間で集積回路パッケージを移動させるように構成される移動機構を含む。しかし、そのような従来の移動機構は、試験の間、光源112が集積回路装置上に光を

当てる能力およびカメラ120が集積回路装置を撮像する能力を妨げることが分かっている。具体的に言えば、一般に従来の移動機構は、パッケージの試験が実施される間、集積回路パッケージに下向きの圧力を加えるプランジャ機構を含む。そのような下向きの圧力は、試験が行われる間、試験ソケット内にパッケージを確実に保持するために必要とされる。典型的なプランジャ機構は、集積回路装置の能動表面34に直接接触することによって、そのような下向きの圧力を加える。分かるように、プランジャと集積回路装置の能動表面34との間のそのような接触は、能動表面34をさえぎる。ほとんどのタイプの集積回路を試験するとき(すなわち上述した画像捕獲タイプおよび表示タイプを除く)、そのような遮断は一般に問題とはならない。しかし、前述したように表示タイプおよび画像捕獲タイプの集積回路を効果的に試験するため、回路装置の能動表面34は遮られないままでなければならない。この理由のため、従来の自動試験システムは、画像捕獲および表示タイプの集積回路装置を試験することができない。

【0047】この問題に対処するため、ロボット・ハンドリング装置110は、以下で詳細に記述するように改善された移動機構126を備えることができる。図5、図9および図10に言及して、移動機構126は、フランジ138を介してピボット棒136に接続することができるプランジャ128を含むことができる。ピボット棒136は、図5に示されるようにハンドリング装置110の上壁123および下壁124に回転可能に取り付けることができ、軸140に関して図10の矢印142で示される方向に回転可能である。

【0048】プランジャ128は、例えば上側の固定部分130および下側の伸張可能な部分132を含む従来の空気圧シリンダであり、そのような伸張可能な部分132は、従来の方法で上部130の中に収容され、それに関して可動である。ミラー・ブロック144は、図示されるようにプランジャ下部132に取り付けることができる。

【0049】図6を参照して、ミラー・ブロック144は、上壁146、底壁148、後壁152、前壁154、ならびに図7および図8に示されるように対向して位置する第1および第2の側壁158、160をもつ中空の概して平行六面体の構造でありえる。図7を参照して、底壁148は、図示されるように例えば四角形の開口150を含むことができる。開口150は、集積回路装置18の能動表面34を完全に露出するに十分大きく、図6に示されるように残りの底壁148と集積回路パッケージの肩部分58との間の接触を許すに十分小さいサイズに作ることができる。図8を参照して、前壁154は、例えば図示されるように円形の開口156を含むことができる。

【0050】反射面161は、ミラー・ブロック144の中に位置し、図6に示されるように後壁152および上壁146の間に延びる。反射面161は、上壁146および後壁152の両方に関して約45度の角度をもつことができる。反射面16

11は、従来の方法で、例えばミラーまたはプリズムとして形成することができる。

【0051】再び図8を参照して、一対のグリッパ機構162および164が、ミラー・ブロック144の側面158および160にそれぞれ取り付けられる。グリッパ機構162および164は、実質的に同一であり、従ってグリッパ機構164のみを詳しく記述する。グリッパ機構164は、ミラー・ブロック側壁160に取り付けられるブラケット166を含むことができる。レバー部材168は、ピボット軸170に関して旋回するようにブラケット166に取り付けることができる。例えばゴム材料で形成される弾性パッド172が、レバー168の下端174に取り付けられる。レバー168の反対側の端部176は、例えば空気圧シリンダでありえる線形アクチュエータ装置178に接続することができる。図8の考察から分かるように、線形アクチュエータ装置178を作動させると、レバー168がピボット軸170に関して旋回し、従ってレバー168の下端174が矢印180で示される方向に動く。この運動は、図8に示される引き込んだ位置と(図示しない)伸ばされた位置との間でパッド172を移動させる。具体的に言えば、アクチュエータ装置178を伸ばすと、パッド172は、伸ばされる位置に対して方向194へ移動する。アクチュエータ装置178を引っ込めると、パッド172は、引き込んだ位置に対して方向196へ移動する。

【0052】移動機構126の動作を図9および図10に関して説明する。まず図9を参照して、集積回路パッケージを試験するため、プランジャ128および付属のミラー・ブロック144を、図示するように運搬装置111の上方に配置することができる。図5および図6のプランジャの下部の伸張可能部分132および下側の付属のミラー・ブロックが、運搬装置111上に位置する集積回路パッケージと接触するように、プランジャを伸張させることができる。前述したように、この接触は、集積回路パッケージの肩部分58とミラー・ブロックの底壁148との間で起こり、ミラー・ブロックの底壁の開口150を集積回路パッケージの能動表面34の上に位置付ける。

【0053】接触が起こると、図8のミラー・ブロックのグリッパ機構162および164が広げられ、グリッパのパッド172が例えば図6の集積回路パッケージ周囲59と接触して、ミラー・ブロック底壁148に対向する所定の位置で集積回路パッケージを保持する。次に、プランジャ128が引き込まれ、集積回路パッケージを持ち上げて運搬装置111から離す。持ち上げた後、移動機構126は、軸140に関して図10に示される位置まで回転することができる。移動機構126は、回転アクチュエータ機構のような従来の任意のアクチュエータ機構を使用して回転することができる。

【0054】プランジャ128、ミラー・ブロック144および付属の集積回路パッケージが、図10に示されるように下壁の開口125および試験ソケット212上に配置された

後、プランジャ128が伸張して、集積回路パッケージ50のピン60が下方に移動し、例えば図6に示されるようなソケット装置212のソケット214および216であるソケットの中に入ることができる。プランジャ128は、ミラー・ブロック144を介して集積回路パッケージ50上に下向きの圧力を維持し、集積回路パッケージ・ピン60とソケット装置212のソケット213との間に信頼性のある電氣的接触を維持しながら、上述した方法で集積回路パッケージ50の試験を達成することができる。

【0055】試験が完了した後、プランジャ128は引き込まれ、移動機構は、図9に示される位置に戻される。試験された集積回路パッケージは、運搬装置111に戻され、試験される新しい集積回路パッケージについてプロセスを繰り返すことができる。

【0056】図6を参照して分かるように、ミラー・ブロック144は、カメラ120がミラー・ブロック前壁の開口156、反射面161および底壁の開口150を通して集積回路パッケージの能動表面34を見ることを可能にする。さらに、同様の方法で、光ファイバケーブル116の端部118から放射される光を能動表面34に当てることができる。

【0057】上記から分かるように、ミラー・ブロック144を設けると、プランジャ128によって集積回路パッケージ50上に下向きの圧力を維持しながら、カメラ120および光源118と集積回路パッケージ50の能動表面34との間の視線182を維持することができる。従って、上述した機構は、上述した先行技術の問題を克服し、自動化された集積回路パッケージ試験システム100による画像捕獲および表示タイプの集積回路パッケージの試験を可能にする。

【0058】上述した旋回移動機構126の代わりに、プランジャ128は、ハンドリング装置110内で水平方向に延びる滑動棒上に搭載されてもよいことに注意する。こうして、プランジャ128は、ソケット212の上方の位置と運搬装置111の上方の位置との間で水平に移動することが可能になる。そのような水平滑動棒は、いくつかのロボット・ハンドリング装置内に従来から存在する機能であり、プランジャ128を移動できるように搭載するために容易に利用することができる。

【0059】上記の説明において、グリッパ162および164は、例示として記述したにすぎないことに注意する。代わりに、従来の任意の機構を使用して、集積回路パッケージをミラー・ブロック底壁148に選択的に固定し、移動機構126によって運搬装置111と試験ソケット212との間で集積回路装置が運搬されることを可能にする。そのような従来の代替機構の一例は、例えば図6の集積回路パッケージの肩部分58または周囲部分59に接触して、吸引力を与えることができる吸引装置である。

【0060】更なる選択として、別の移動機構を設けて、集積回路パッケージを運搬装置111と試験ソケット212の間で転送してもよい。そのような別の移動機構は、

例えば多くの従来のロボットハンドリング装置の中で一般に使用される従来の吸引タイプの集積回路パッケージ移動装置でありえる。ここで記述した改善される移動機構126は、試験中、集積回路パッケージに下向きの圧力を加えるためだけに使用することもできる。

【0061】図11は、改良されたパッケージ試験システム100について制御システムを図示する。図11を参照して、ハンドリング装置コントローラ184は、データリンク188を通して従来の試験マシンコントローラ250に接続することができる。試験マシン・コントローラ250は、前述したケーブル122を通してカメラ120からデータ信号を受信することができる。試験マシン・コントローラ250は、前述したケーブル222を通してソケット212からデータ信号を受信することもできる。また、試験マシン・コントローラ250は、前述したケーブル118を通して光源114に接続することもできる。ハンドリング装置コントローラ184は、図示されるようなケーブル186を通して移動機構126に接続することができる。

【0062】このように、ハンドリング装置コントローラ184は、移動機構を制御して、前述したように集積回路パッケージを運搬装置111と試験ソケット212の間で移動させることができる。さらにハンドリング装置コントローラ184は、集積回路パッケージが試験ソケット212に挿入されたとき、試験マシン・コントローラ250が試験を開始するようにデータリンク188を通して試験マシン・コントローラ250に指示を与えることができる。

【0063】試験マシン・コントローラ250は、光源118を選択的に作動させる一方、ソケット212からの信号をケーブル222を通して監視することによって、画像捕捉チップを試験することができる。試験マシン・コントローラ250は、光源114を作動させ、ソケット212に接続222を通して選択的に信号を供給し、カメラ120によって捕獲される集積回路パッケージ能動表面34の画像をケーブル122を通して監視することによって、表示チップを試験することもできる。

【0064】カメラ120、光源112、改善された移動機構126および図11に示される制御シナリオを加えることを除いて、ロボット・ハンドリング装置110は、Standon Engineering PTE, Ltd. (Singapore) から市販されているModel 1211タイプ、またはKanematsu, U.S.A., Inc. (Santa Clara, California) から市販されているModel HM3500タイプのような従来のロボット・ハンドリング装置と同一でありえる。

【0065】自動化された集積回路パッケージ試験システムは、ピン60をもつ集積回路パッケージ50に関連して記述されたが、この試験システムは、例えばピン以外の電気接続機構をもつ集積回路パッケージのような代替の任意のタイプの集積回路パッケージを試験するために容易に使用することができることに注意する。

【0066】自動ウェハ集積回路試験

図12は、自動化されたウェハ集積回路試験システム300の一部を図示する。ウェハ集積回路試験システム300は、ロボット・ハンドリングマシン310と、図1および図2に関して前述したウェハ集積回路18のようなウェハ集積回路の試験が実施される際にロボット・ハンドリングマシン310に隣接して配置される試験マシン400とを含むことができる。

【0067】ロボット・ハンドリングマシン310は、従来のロボット・ウェハ・ハンドリングマシンでよく、その上壁に開口314をもつ筐体312を含むことができる。筐体312内に位置するのは、図12に示されるウェハ10のようなウェハをハンドリングする従来の機構316である。具体的に言えば、機構316は、試験ヘッド410の下でウェハを移動させ、ウェハ上のそれぞれの回路が開口314を通して試験ヘッド410によって個別に試験されるようなウェハを割り出す働きをする。ハンドリングマシン310は、従来の任意のタイプのハンドリングマシンであり、例えばElectroglas, Inc. (Santa Clara, California) から市販されているModel 4090タイプでありえる。

【0068】試験マシン400は、アーム430に関節式に取り付けられる試験ヘッド410を含むことができる。試験ヘッド410は、図13の個々のプローブ416および418のような複数のソケット・プローブ414を含む製品ボード412を含むことができる。製品ボード412のプローブ414は、図2の集積回路18の接続サイト24のような接続サイトと接触するように構成される。製品ボード412は、接続サイト24のそれぞれが製品ボード412の個別のプローブに接触するように、試験される集積回路18の接続サイト24の数に一致する多数のプローブ414を含むことができる。

【0069】図13を引き続き参照して、プローブ414のそれぞれは、電気リード420および421のような電気リードに接続することができる。製品ボード412内のプローブ414の各々からの電気リードは、ケーブル422に束ねることができる。ケーブル422は、図14に図示されるように試験マシン・コントローラ450に接続することができる。試験マシン・コントローラ450は、試験マシン400と一体化した一部である。選択として、試験マシン・コントローラ450は、従来のように別のコントローラでもよい。

【0070】分かるように、上述した構成は、集積回路18の接続サイト24の各々が試験マシン・コントローラ450に接続されることを可能にし、そして試験マシン・コントローラ450が、従来のようにウェハ10上のそれぞれの集積回路の動作を試験することを可能にする。

【0071】自動化されたウェハ集積回路試験システムは一般によく知られているが、そのような従来のシステムは、前述したように画像捕捉および表示タイプの集積回路装置を取り入れた集積回路の適当な試験を考慮していない。ウェハ画像捕捉および表示タイプの集積回路の

試験を容易にするため、ウェハ集積回路試験システム300を、詳細に後述するような方法で改善した。

【0072】前述したように、ハンドリングマシン310は従来のハンドリングマシンでよい。しかし、試験マシンの試験ヘッド410は、図12に示されるように光源432を含めるよう改良される。光源432は、単純な光発生装置の形をとることができる。選択として、光源432は、単純な光発生装置、および従来のようにチップの能動表面上に光の特定のパターンを当てるように設計されるフィルタを含むことができる。

【0073】光源432は、例えば光発生機構434を含むことができる。電力は、光発生機構434に接続される電源ケーブル438を通して選択的に光発生機構434に供給することができる。さらに光ファイバケーブル436を光発生機構434に接続することができる。光源432は、例えば図2の集積回路18の能動表面34のような画像捕獲タイプ集積回路の能動表面上に光を当てるために設けることができる。こうして自動ウェハ集積回路試験システム300は、前述したような方法で、すなわち光源432を作動させ、集積回路18によって生成される電気信号をケーブル422を通して監視し、供給される光に応じて集積回路18が適当な電気信号を生成しているかどうか判断することによって、ウェハ画像捕獲チップを効果的に試験することができる。

【0074】再び図12に言及して、さらに試験ヘッド410は、図示されるようにカメラ440を含めるように改良することができる。前述したカメラ120と同様に、カメラ440は電子カメラでよい。カメラ440は、従来のケーブル42を通して図14の試験マシン・コントローラ450に接続することができる。カメラ440は、前述したように表示タイプ集積回路を効果的に検査するために設けることができる。具体的に言えば、カメラ440は、図2の集積回路18の能動表面34のような表示タイプ集積回路の能動表面の画像を捕獲するために設けることができる。このように、自動ウェハ集積回路試験システム300は、上述したように、すなわち光源432を作動させ(必要に応じて)、集積回路の表示のそれぞれの部分をケーブル422を通して選択的に作動させ、カメラ440によって捕獲される表示表面34の画像を分析し、ケーブル422を通して供給される電気信号に応じて集積回路18が適当な表示画像を生成しているか判断することによって、表示チップ集積回路を効果的に試験することができる。

【0075】上記から分かるように、表示タイプの集積回路を試験するとき、一般に、カメラ440、および場合によって光源432を設ける必要がある。しかし、画像捕獲タイプの集積回路を検査するときは、光源432を設けるだけでよい。

【0076】集積回路18の能動表面34への視覚的なアクセスを与えるため、試験マシン400の下壁424に開口426を設けることができる。さらに、製品ボード412内に開

口413が設けられ、図13に示されるように開口426と直線に並べることができる。

【0077】ミラー・ブロック444は製品ボード412に搭載することができる。ミラー・ブロック444は、図5および図6に関して前述したミラー・ブロック144と同一であり、例えば図示されるように製品ボード412および下壁424の開口413および426と直線に並べられる下側の開口446を含むことができる。さらにミラー・ブロック444は、図6のミラー・ブロック144に関して前述された前側の開口156および反射面161と同様に前側の開口452および反射面448を含むことができる。

【0078】図13を参照して分かるように、ミラー・ブロック444は、カメラ440が、ミラー・ブロック前壁の開口452、反射面448および底壁の開口446を通して集積回路の能動表面34を見ることを可能にする。同様に、光ファイバケーブル436の端部454から発せられる光を能動表面34に当てることができる。

【0079】図14は、改良されたウェハ集積回路試験システム300のための制御システムを示す。図14を参照して、ハンドリング・マシンコントローラ455は、データリンク456を介して従来の試験マシン・コントローラ450に接続することができる。試験マシン・コントローラ450は、前述したケーブル442を介してカメラ440からデータ信号を受信することができる。さらに試験マシン・コントローラ450は、前述したケーブル422を介してプローブ414からデータ信号を受信することができる。さらに試験マシン・コントローラ450は、前述したケーブル438を介して光源432に接続することができる。コントローラ455は、図示されるようにケーブル458を通してハンドリング機構316に接続することができる。

【0080】このように、コントローラ455はハンドリング機構316を制御して、前述したように個々のウェハ集積回路を試験ヘッドのプローブ414と直線に並べることができる。

【0081】試験マシン・コントローラ450は、光源432を選択的に作動させる一方、プローブ414からの信号をケーブル422を通して監視することによって、画像捕獲チップを試験することができる。さらに試験マシン・コントローラ450は、(必要に応じて)光源432を作動させ、プローブ414に接続422を介して選択的に信号を供給し、カメラ440によって捕獲される集積回路の能動表面34の画像をケーブル442を通して監視することによって、表示チップを試験することができる。

【0082】カメラ440、光源432、ミラー・ブロック444および図14に示される制御シナリオを加えることを除き、試験ヘッド410は、従来の試験ヘッド装置でよく、例えばHewlett-Packard Company (Palo Alto, California)から市販されているTester Model No. HP83000およびTester Model No. HP94000のタイプでありうる。

【0083】この発明の好ましい実施例をここで詳細に

記述したが、この発明は、多様に具体化することができることを理解すべきである。

【0084】本発明は例として次の実施態様を含む。

【0085】(1) 複数の電気接点機構(24、60)をその上にもつタイプの集積回路装置(18)を試験する集積回路装置試験システム(100、300)であって、複数の電気接点部材(213、414)を含む試験ヘッド(210、410)と、上記集積回路装置(18)を取り扱い、上記試験ヘッドの電気接点部材(213、414)と接触および非接触の状態になるように選択的に上記集積回路装置の電気接点機構(24、60)を移動させるハンドリング装置(110、310)と、上記集積回路装置の電気接点機構(24、60)が上記試験ヘッドの電気接点部材(213、414)と接触するとき、上記集積回路装置(18)を照射するように配置される光源(112、432)と、を備える集積回路装置試験システム。

【0086】(2) さらに、上記集積回路装置の電気接点機構(24、60)が上記試験ヘッドの電気接点部材(213、414)と接触するとき、上記集積回路装置(18)を撮像するように配置される撮像素子(120、440)を含む、上記(1)に記載の集積回路装置試験システム(100、300)。

【0087】(3) さらに、上記集積回路装置の電気接点機構(24、60)が上記試験ヘッドの電気接点部材(213、414)と接触するとき、上記光源(112、432)と上記集積回路装置(18)の間に光学的に配置される反射面(161、448)を備える、上記(1)に記載の集積回路装置試験システム(100、300)。

【0088】(4) 複数の電気接点部材(213、414)をもつ試験ヘッド(210、410)、および、上記試験ヘッドの接点部材(213、414)と接触および非接触の状態になるように選択的に集積回路装置の電気接点機構(24、60)を移動させるハンドリング装置(110、310)を含む自動化された試験システム(100、300)を使用して、複数の電気接点機構(24、60)をもつタイプの集積回路装置(18)を試験する方法であって、上記自動化された試験システム(100、300)に関連する光源(112、432)を用意するステップと、上記試験ヘッドの接点部材(213、414)と接触するように上記集積回路装置の電気接点機構(24、60)を移動させるステップと、上記集積回路装置の電気接点機構(24、60)と上記試験ヘッドの接点部材(213、414)との間の上記接触が維持しながら、上記光源(112、432)を用いて上記集積回路装置(18)を照射するステップと、上記照射するステップの間、上記集積回路装置(18)の試験を実施するステップと、を含む集積回路装置を試験する方法。

【0089】(5) さらに、上記集積回路装置の電気接点機構(24、60)と上記試験ヘッドの接点部材(213、414)との間の上記接触を維持しながら、撮像素子(120、440)を用いて上記集積回路装置(18)を撮像するステップを含む、上記(4)に記載の方法。

【0090】(6) さらに上記自動化された試験システム(100、300)に関連する反射面(161、448)を提供するス

テップを含み、上記照射するステップは、上記光源(112、432)からの光を上記反射面(161、448)から反射させることを含む、上記(4)に記載の方法。

【0091】(7) 複数の電気接点機構(24、60)をその上にもつタイプの集積回路装置(18)を試験する集積回路装置試験システム(100、300)であって、複数の電気接点部材(213、414)を含む試験ヘッド(210、410)と、上記集積回路装置(18)を取り扱い、上記試験ヘッドの電気接点部材(213、414)と接触および非接触の状態になるように選択的に上記集積回路装置の電気接点機構(24、60)を移動させるハンドリング装置(110、310)と、上記集積回路装置の電気接点機構(24、60)が上記試験ヘッドの電気接点部材(213、414)と接触するとき、上記集積回路装置(18)を撮像するように配置される撮像素子(120、440)と、を備える集積回路装置試験システム(100、300)。

【0092】(8) さらに、上記集積回路装置の電気接点機構(24、60)が上記試験ヘッドの電気接点部材(213、414)と接触するとき、上記集積回路装置(18)を照射するように配置される光源(112、432)を備える、上記(7)に記載される集積回路装置試験システム(100、300)。

【0093】(9) 複数の電気接点部材(213、414)をもつ試験ヘッド(210、410)、および上記試験ヘッドの接点部材(213、414)と接触および非接触の状態になるように選択的に集積回路装置の電気接点機構(24、60)を移動させるハンドリング装置(110、310)を含む自動化された試験システム(100、300)を使用して、複数の電気接点機構(24、60)をその上にもつタイプの集積回路装置(18)を試験する方法であって、上記自動化された試験システム(100、300)に関連する撮像素子(120、440)を提供するステップと、上記試験ヘッドの接点部材(213、414)と接触するように上記集積回路装置の電気接点機構(24、60)を移動させるステップと、上記集積回路装置の電気接点機構(24、60)と上記試験ヘッドの接点部材(213、414)の間の上記接触が維持される一方、上記撮像素子(120、440)を用いて上記集積回路装置(18)の少なくとも一部を撮像するステップと、上記撮像ステップの間、上記集積回路装置(18)の試験を実施するステップと、を含む集積回路装置(18)を試験する方法。

【0094】(10) さらに、上記集積回路装置の電気接点機構(24、60)と上記試験ヘッドの接点部材(213、414)との間の上記接触が維持しながら、光源(112、432)を用いて上記集積回路装置(18)を照射するステップを含む、上記(9)に記載の方法。

【0095】

【発明の効果】本発明によれば、画像捕獲タイプまたは表示タイプの集積回路装置を効果的に検査することができる自動試験システムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】複数の集積回路をその上に含むウェハの上面図。

【図2】図1の部分Aの詳細を示し、図1のウェハ上に配置される集積回路の1つを示す図。

【図3】集積回路パッケージの上面図。

【図4】図3の線4-4に沿って切り取った断面図。

【図5】図10の線5-5に沿って切り取った自動化された集積回路パッケージ試験システムの断面図。

【図6】図5の自動化された集積回路パッケージ試験システムの一部の詳細図。

【図7】図5および図6の自動化された集積回路パッケージ試験システムに関連して使用されるミラー・ブロックの底面図。

【図8】図7のミラー・ブロックの正面図。

【図9】図5および図6の自動化された集積回路パッケージ試験システムの第1の構成を、ハンドリング装置の上壁を取り除いた状態で示す上面図。

【図10】図5および図6の自動化された集積回路パッケージ試験システムの第2の構成を、ハンドリング装置の上壁を取り除いた状態で示す上面図。

【図11】図5および図6の自動化された集積回路パッケージ試験システムの動作を示す概略図。

【図12】自動化されたウェハ集積回路試験システムの断面図。

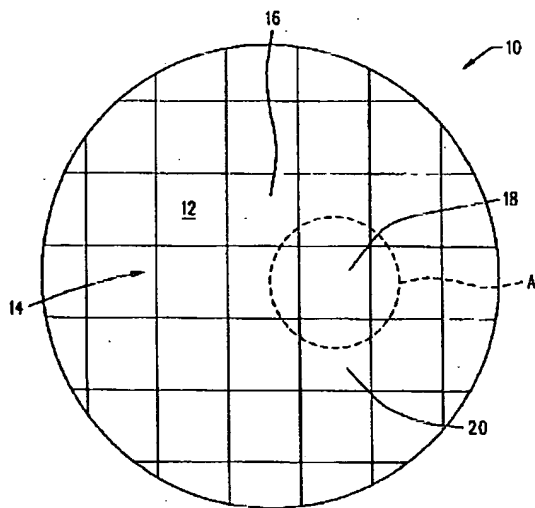
【図13】図12の自動化されたウェハ集積回路試験システムの一部の詳細図。

【図14】図12および図13の自動化されたウェハ集積回路試験システムの動作を示す概略図。

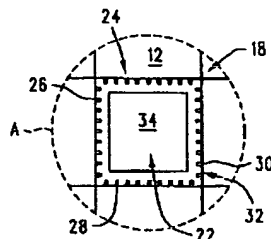
【符号の説明】

18	集積回路装置
24, 60	集積回路装置の電気接点機構
50	集積回路パッケージ
100	集積回路パッケージ試験システム
300	集積回路試験システム
110, 310	ロボット・ハンドリング装置
112, 432	光源
120, 440	カメラ
210, 410	試験ヘッド
213, 414	電気接点部材

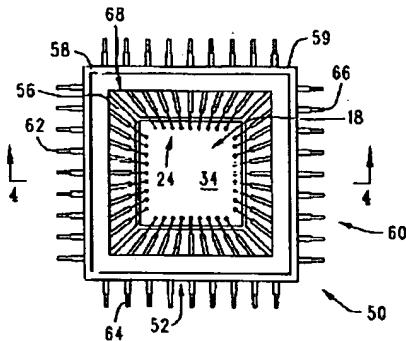
【図1】



【図2】

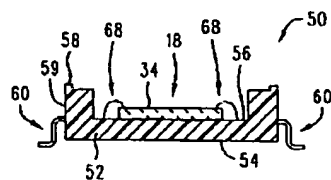


【図3】

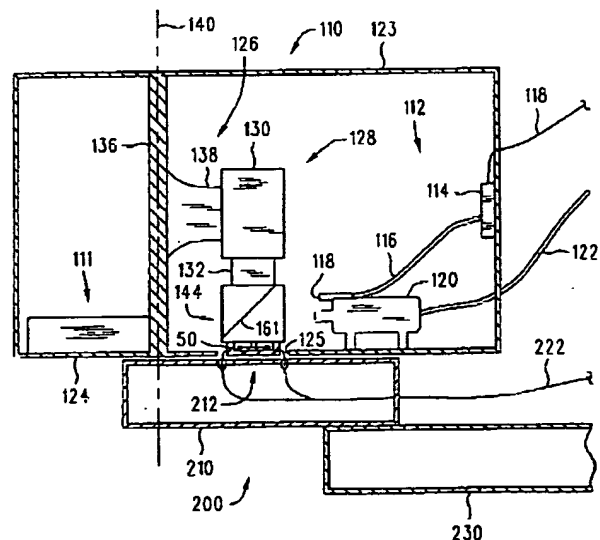


【図5】

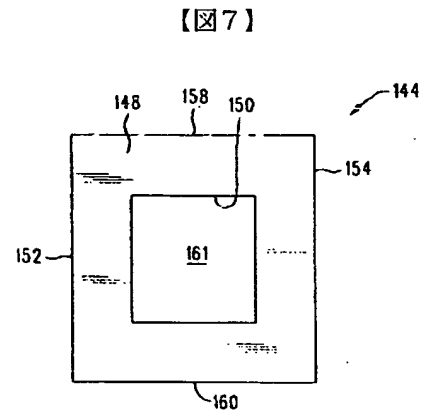
【図4】



【図5】

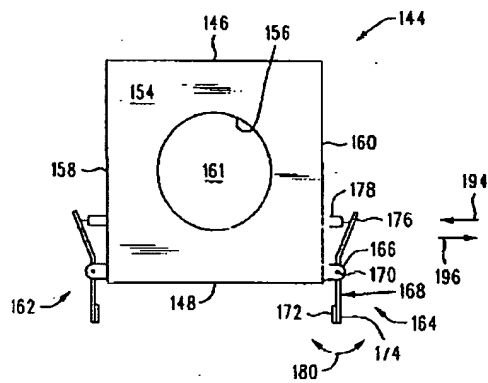


【図6】

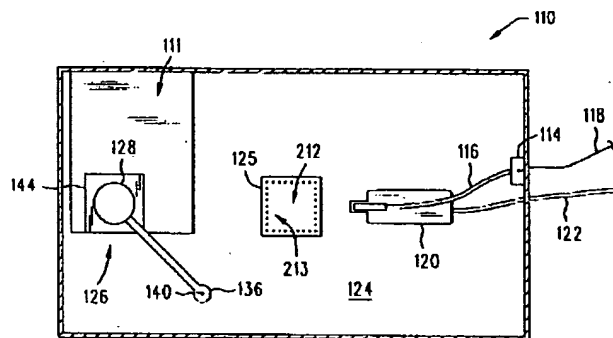


【図7】

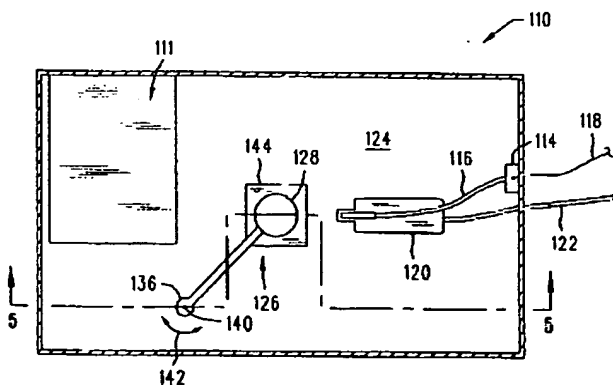
【図8】



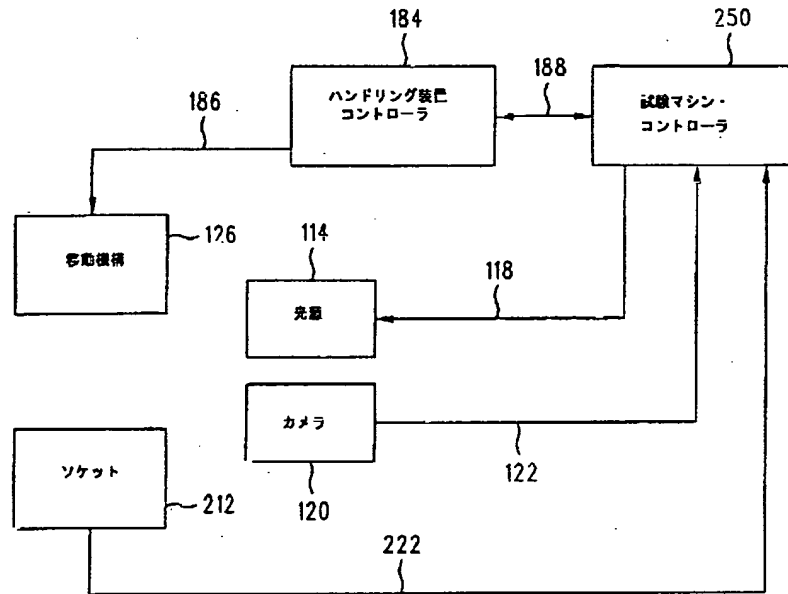
【図9】



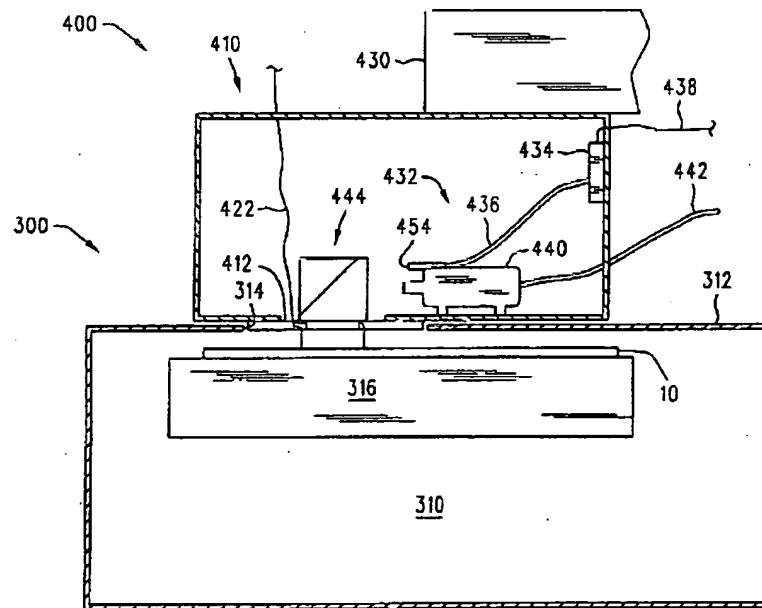
【図 10】



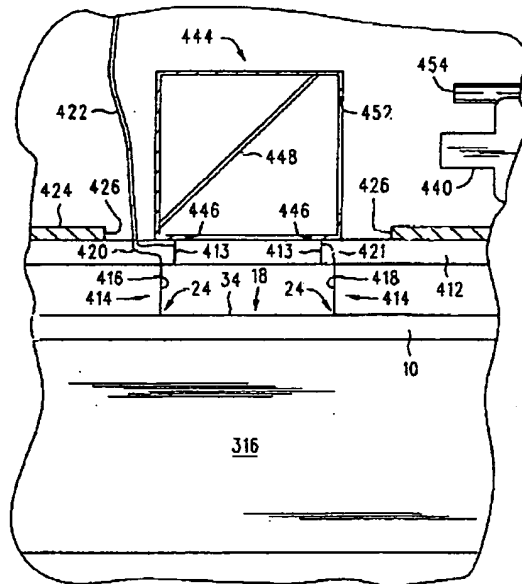
【図11】



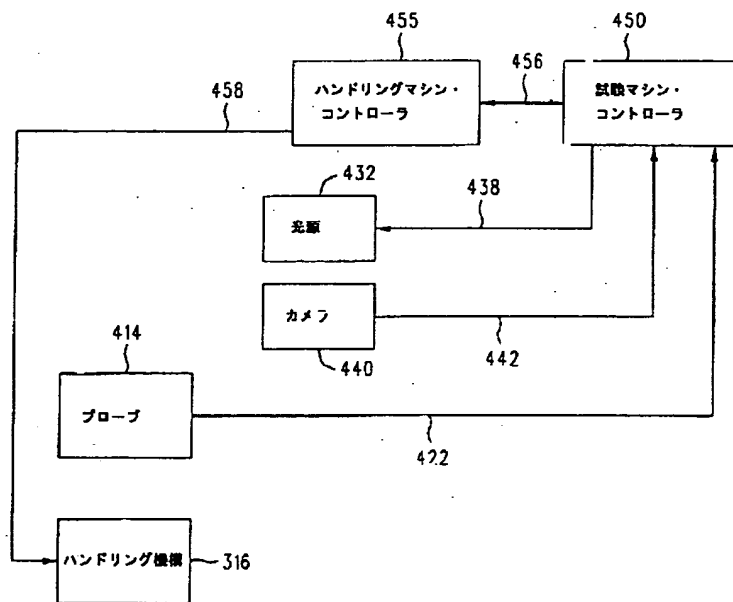
【図12】



【図13】



【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 ダービン・エル・セイデル
アメリカ合衆国80525コロラド州フォー
ト・コリンズ、ダートマウス・トレイル
209

(72)発明者 ウィリアム・リチャード・ローレンス
アメリカ合衆国80526コロラド州フォー
ト・コリンズ、マネ・コート 2515